

MARIO BERTOLANI*, ANNA G. LOSCHI GHITTONI*

LA ZONA A ULTRABASITI DELLA ROCCA D'ARGIMONIA NELLE PREALPI BIELLESI

1. LA PETROGRAFIA**

RIASSUNTO. — La zona della Rocca d'Argimonia, nelle Prealpi Biellesi, è caratterizzata dalla presenza di affioramenti di ultrafemiti, accompagnati da una serie che dalle charnockiti attraverso noriti quarzifere e gabbri anfibolici, arriva alle tipiche noriti della zona d'Ivrea. Sono presenti anche stronaliti metasedimentarie.

Le ultrafemiti sono costituite da alternanze di pirosseniti a plagioclasio, pirosseniti olivine, duniti, harzburgiti, wehrliti e lherzoliti, queste ultime sempre prossime a composizioni harzburgitiche.

La struttura granulare allotriomorfa depone per un assetto metamorfico in facies delle granuliti, convalidato dal corredo delle fasi opache di temperatura non eccessivamente elevata.

Il chimismo della roccia totale e dei minerali componenti fa avvicinare le peridotiti della Rocca d'Argimonia più ai tipi differenziati di crosta profonda che a quelli di mantello.

ABSTRACT. — The Rocca d'Argimonia area, in the Pre-Alps of Biella, is characterised by the presence of ultramafic bodies which are associated with a sequence ranging in composition from charnockites to the typical norites of the Ivrea Zone through quartz-bearing norites and amphibolic gabbros. Metasedimentary stronalites are also present.

The ultramafites are composed by alternating layers of pyroxenites with accessory plagioclase, olivine-bearing pyroxenites, dunites, harzburgites, wehrlites and lherzolites poor in clinopyroxens which plot close to the lherzolite-harzburgite boundary. They exhibit allotriomorphic granular textures which support the idea of metamorphic recrystallisation of the ultramafites; it occurred under granulite facies, as indicated by the observed paragenesis; the opaque mineralogy is compatible with relatively low temperatures of crystallisation.

Whole rock chemistry and mineral phase composition indicate that the ultramafites of the Rocca d'Argimonia are comparable with the lithotypes of the lower crust rather than with mantle rocks.

L'area di ricerca

La Rocca d'Argimonia (m 1613) si trova nella montagna biellese, in provincia di Vercelli. Essa forma una dorsale con andamento E-W, che separa la Val Sessera a N dalla Valle del Cervo a S. Il tratto esaminato è compreso tra la Bocchetta di Margosio a E e la Bocchetta di Sessera a W. Nella parte centrale, quella specifica-

* Istituto di Mineralogia e Petrologia dell'Università di Modena. ** Lavoro eseguito col contributo del C.N.R..

tamente indicata come Rocca d'Argimonia, la dorsale è notevolmente dirupata e impervia, ma ai due lati assume una morfologia più arrotondata e accessibile. Queste differenze non sono in relazione ai diversi tipi di roccia, ma vengono influenzate dai numerosi eventi tettonici. In altre parole spesso i dirupi e le forre coincidono con superfici di faglia.

La Rocca d'Argimonia è nella parte meridionale della Formazione Basica d'Ivrea ed è circa 2 km in linea d'aria delle grandi dislocazioni della Linea Insubrica.

È caratterizzata dalla presenza di ultrafemiti sia di tipo peridotitico, sia di tipo pirossenitico. Fa parte quindi di quell'allineamento ultrafemico, che comprende Finero, Premosello, Campello Monti, il M. Capio, il M. Kaval, Balmuccia, che rappresenterebbe il culmine della struttura ad antiforme, per lo più attribuita alla Formazione Ivrea-Verbano (SCHMID, 1967; BERTOLANI, 1968).

Le conoscenze petrografiche

La zona della Rocca d'Argimonia è nota, dal punto di vista petrografico, pressochè esclusivamente per le ricerche di LENSCH (1968, 1971), che ha compreso queste ultrabasiti, unitamente a quelle del M. Kaval, tra le masse minori della Formazione Ivrea-Verbano.

In precedenza si hanno solo cenni da parte dei rilevatori, come FRANCHI (1905) e BORTOLAMI e altri (1967). In epoca più recente si hanno osservazioni di carattere strutturale da parte di GARUTI (1978) e geochimico, ad opera di CAPEDEI e altri (1977), in un quadro comparativo con altre rocce peridotitiche della Formazione Ivrea-Verbano, soprattutto per la discriminazione tra peridotiti di mantello e peridotiti cumulitiche.

La rappresentazione cartografica della geolitologia della zona figura nei fogli 30 (Varallo) e 43 (Biella) della Carta Geologica d'Italia al 100.000, ma in modo discordante, in quanto per il foglio 30 esiste solo la vecchia edizione (Rilevatore FRANCHI), mentre per il foglio 43 è uscita la nuova, di maggior dettaglio (Rilevatore SACCHI). Una cartina geologica semplificata accompagna anche i lavori di LENSCH (1968, 1971).

Caratteristiche di giacitura

La ricerca di campagna ha individuato 5 affioramenti di rocce ultrafemiche aventi caratteristiche strutturali analoghe, in quanto formati da alternanze di peridotiti e pirosseniti con qualche intercalazione gabbrica (vedi cartina geolitologica).

Il maggiore è a N della Rocca d'Argimonia, nel versante della Valsessera e comprende i valloni dell'Inferno e della Pissa. I passaggi tra pirosseniti e peridotiti sono netti, ma non tettonici. L'andamento dell'orientazione principale è WNW-ESE, l'inclinazione varia da 35° alla quasi verticalità. Sono ben visibili tre linee di faglia: due con andamento ENE-WSW, al contatto delle ultrafemiti con gabbri e noriti,

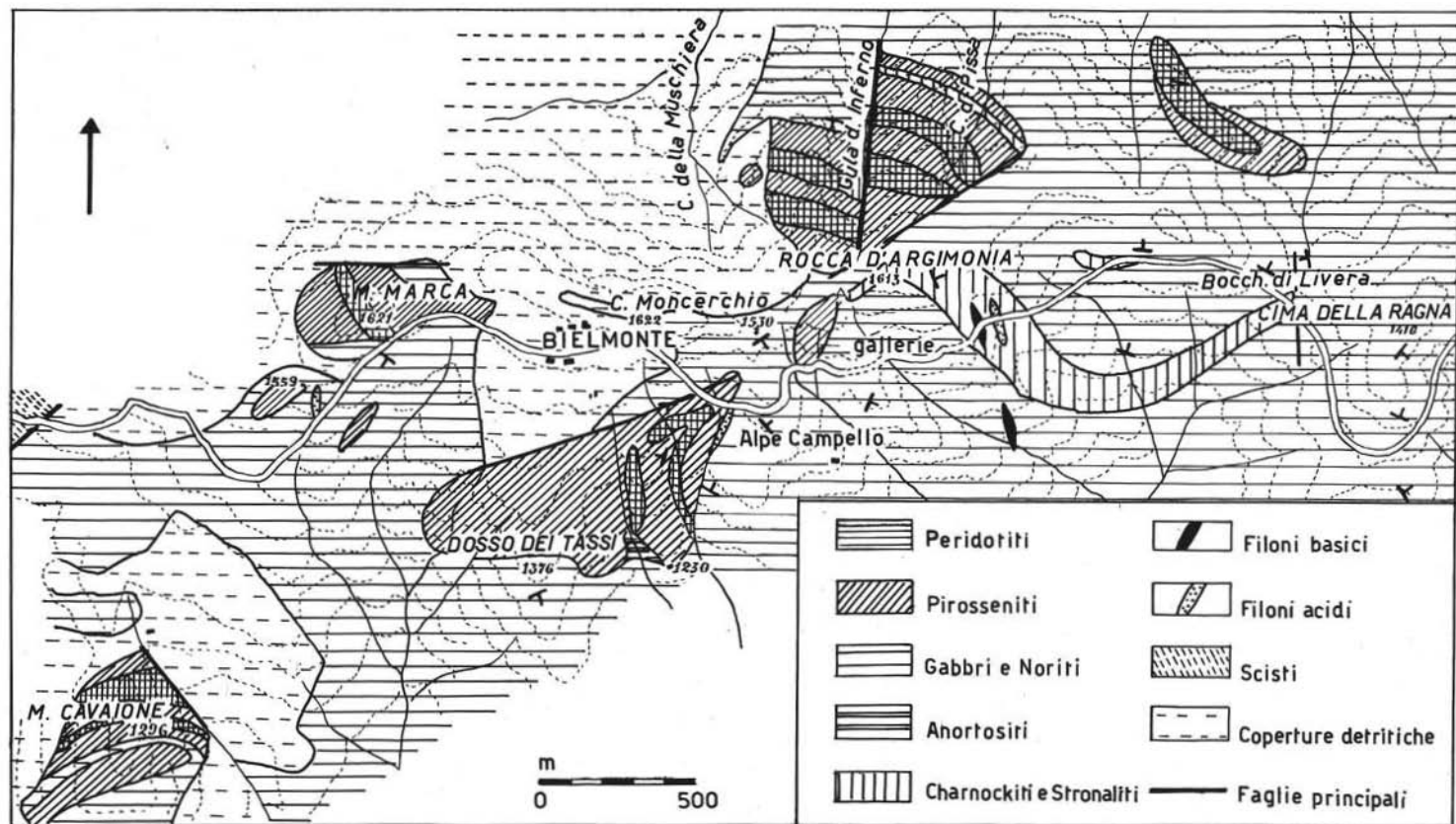


Fig. 1. — Cartina geolitologica della zona della Rocca d'Argimonia.

sia sul lato N, che su quello S, l'altra con andamento N-S, coincidente col Canale dell'Inferno. Nell'affioramento esistono due fasce peridotitiche, di cui la più meridionale di colore molto chiaro e la settentrionale con noduli pirossenitici.

Un secondo affioramento, di piccole dimensioni, è sempre nel versante della Valsessera, a N della Bocchetta di Livera. Le sue condizioni di giacitura sono mal verificabili per la forte copertura boscosa. Si ripete comunque l'alternanza tra peridotiti e pirosseniti.

Un terzo affioramento, prevalentemente pirossenitico, è in corrispondenza del M. Marca, anch'esso interessato da un'importante faglia sul lato settentrionale.

Un quarto affioramento è nel versante del T. Cervo, subito a valle della strada Panoramica ed è compreso tra l'Alpe Campello (o Cascina bianca) e il Dosso del Tasso. Nella parte meridionale, associato alle pirosseniti, vi è un lembo anortositico.

Il quinto ed ultimo affioramento è spostato a SW rispetto agli altri ed è a poche centinaia di metri dalle diaforiti della Linea Insubrica. Anzi l'intero affioramento è coinvolto da tettonizzazione e retrocessione. È presente l'alternanza tra peridotiti, pirosseniti e gabbri, ma con avanzata trasformazione di queste rocce in senso di metamorfismo di basso grado.

A parte gli affioramenti ultrafemici, la maggioranza delle rocce presenti appartiene alla serie gabbro-noritica classica della Formazione d'Ivrea. È tuttavia presente una fascia di rocce più acide, che dal versante occidentale della Cima della Ragna si porta, con andamento arcuato a convessità verso S, fin sotto alla cresta della Rocca d'Argimonia. Queste rocce acide a pirosseno sono identificabili come tipi charnockitici, anche se può esservi perplessità di interpretazione riguardo a possibili differenziazioni dioritiche.

Accanto alle charnockiti vi sono anche stronaliti, generalmente episodiche, da considerare metasedimenti per la presenza di grafite.

Non mancano le manifestazioni filoniane, anche se non sono numerose. Si è individuata un'albitite all'Alpe Campello e una seconda sotto il M. Marca, versante meridionale. Un filone plumasitico è presso l'ingresso occidentale delle gallerie. Un filone basico attraversa la Panoramica a W delle gallerie e riaffiora a quota inferiore.

L'andamento generale della Formazione basica subisce in questa zona una torsione verso E e si dispone complessivamente, con variazioni locali anche a stretto raggio, secondo una direzione E-W, per poi terminare contro le dislocazioni della Linea Insubrica.

L'inclinazione è quasi sempre molto forte; l'immersione, nel versante della valle del Cervo, è in prevalenza verso N, nella valle del Sessera verso S, ma non mancano torsioni che invertono la direzione d'immersione.

La paragenesi

a) COMPOSIZIONE MODALE

I campioni studiati sono 100, raccolti nelle località a fianco indicate nell'elenco seguente, raggruppato in base ai tipi litologici individuati al microscopio:

Stronaliti

- 163 - Sulla Panoramica, presso le gallerie.
- 165 - Presso la galleria a valle.
- 167 - Alla testata del vallone presso le gallerie.

Charnockiti

- 161 - Roccia incassante la 160. Sulla Panoramica, presso le gallerie.
- 162 - Con granato. Sulla Panoramica, presso le gallerie.
- 264 - 250 m a W della Bocchetta di Livera.
- 410 - Tra Canale Muschiera e Gula Inferno, q. 1380.
- 461 - Sotto la Bocchetta di Livera.
- 1115 - Fianco destro Gula Inferno, q. 1380.

Noriti quarzifere

- 168 - Presso la Bocchetta di Livera.
- 178 - Cima Rocca d'Argimonia.
- 179 - Crinale d'Argimonia.
- 460 - Sotto la Bocchetta di Livera.
- 462 - Sotto la Rocca d'Argimonia.

Gabbri anfibolici

- 158 - Sulla Panoramica, presso le gallerie.
- 166 - Al tetto del campione 165.
- 427 - Alpe Campello. Sotto la Panoramica, q. 1410.
- 932 - Cima della Ragna.

Noriti

- 157 - Esterno galleria, lato Bielmonte.
- 164 - Sulla Panoramica, presso le gallerie.
- 268 - (Anfibolica) quota 1587 della Rocca d'Argimonia.
- 266 - (Anfibolica) quota 1587 della Rocca d'Argimonia.
- 401 - Anticima Rocca d'Argimonia, presso la Cappelletta.
- 420 - Pendici orientali del M. Cavaione, quota 1180.
- 432 - (Alterata) Pendici occidentali M. Marca.
- 433 - (Milonitizzata) M. Cavaione, lato W.
- 436 - (Alterata) M. Cavaione, lato S.
- 440 - Bocchetta di Livera, q. 1350, a contatto con pirosseniti.
- 444 - Bocchetta di Livera, q. 1320.
- 459 - Sentiero a valle della Panoramica. Roccia incassante il 458.
- 931 - Cima della Ragna.

- 933 - Cima della Ragna, versante Bocchetta di Livera.
 1117 - Fianco destro Gula Inferno, al letto delle ultrafemiti.

Gabbri

- 180 - Crinale Rocca d'Argimonia.
 416 - (Milonitizzato) Cima M. Cavaione, versante S q. 1290.

Anortositi

- 429 - A SW di Alpe Campello. Presso casa di q. 1250.
 434 - M. Cavaione, lato W.

Piroseniti a plagioclasio

- 181 - Crinale Rocca d'Argimonia, presso cima occidentale.
 183 - Dorsale sinistra Valle Inferno.
 185 - Cima principale M. Marca, versante occidentale.
 187 - Cima orientale M. Marca, versante S.
 262 - A N di Bocchetta di Livera.
 263 - A N di Bocchetta di Livera.
 267 - q. 1593 della Rocca d'Argimonia.
 404 - Tra Canale Muschiera e Gula Inferno, q. 1490.
 405 - Tra Canale Muschiera e Gula Inferno, q. 1470.
 409 - (Milonitizzata) Tra Canale Muschiera e Gula Inferno, q. 1440.
 417 - (Milonitizzata) M. Cavaione, q. 1280.
 418 - Cima M. Cavaione, q. 1296.
 419 - M. Cavaione, a S della cima, q. 1250.
 426 - Alpe Campello, sotto la Panoramica, q. 1400.
 428 - A SW di Alpe Campello, presso casa a q. 1250.
 430 - Dosso dei Tassi, q. 1320.
 435 - (Alterata) M. Cavaione, lato SW.
 441 - (Alterata) M. Marca, fianco SW.
 443 - Alpe Campello, sopra la Panoramica.
 445 - Bocchetta di Livera, verso il Sessera, q. 1220.
 1105 - Canale dell'Inferno, q. 1510.
 1108 - Canale dell'Inferno, q. 1540.
 1112 - Canale dell'Inferno, q. 1380.
 1116 - Fianco destro Gula Inferno, q. 1370.

Piroseniti

- 1104 - Canale dell'Inferno, q. 1482.
 1114 - Fianco destro Gula Inferno, q. 1400.

Piroseniti oliviniche

- 184 - Cima occidentale M. Marca.
 406 - Tra Canale Muschiera e Gula Inferno, q. 1470.
 423 - Alpe Campello.
 425 - Alpe Campello. Tra il sentiero e la Panoramica.

431 - Cima occidentale M. Marca, q. 1559.

1111 - Canale dell'Inferno, q. 1400.

Duniti

182 - Dorsale da Cima Argimonia alla Valsessera.

402 - Tra Canale Muschiera e Gula Inferno, q. 1505.

412 - (Alterata) Sotto Cima Cavaione, lato N, q. 1285.

439 - Bocchetta di Livera. Costone nella val Sessera, q. 1340.

1105 - Canale dell'Inferno, q. 1420.

1110 - Canale dell'Inferno, q. 1415.

1113 - Fianco destro Gula Inferno.

TABELLA 1

Composizione modale di alcune rocce della zona della Rocca d'Argimonia

	Quarzo	K feldspato	Plagioclasio	Biotite	Orneblenda	Actinoto	Clinopirosseno	Ortopirosseno	Olivina	Granato	Spinello	Calcite	Accessori	Opachi
163 Stronalite	32.02	1.63	53.52	1.63						8.83			0.47	0.90
162 Charnockite a granato	24.63	5.16	56.48	0.43				4.77		7.49			0.33	0.71
410 Charnockite	0.19	1.32	70.87	0.34	0.10		2.29	19.19					0.29	5.41
461 Charnockite	17.13	0.83	71.20		0.24			9.28					0.54	0.78
460 Norite Quarzifera	0.23	0.23	81.00	0.18	0.63			14.44					0.63	2.66
158 Gabbro Anfibolico			54.92		21.97		3.75	14.60					0.74	4.02
440 Norite			84.19		0.12	1.31		13.60					0.09	0.69
1117 Norite			80.34	0.09	2.27		0.41	16.80					0.09	
185 Ortopirossenite a plagioclasio			4.26		4.39		7.71	80.19			2.51			0.94
181 Websterite a plagioclasio			6.00		4.53		9.07	79.80			0.27			0.33
1104 Ortopirossenite					3.26		2.29	94.10						0.35
1114 Websterite					1.22		11.05	84.65	2.07	0.27				0.74
184 Websterite olivinica					3.09		24.63	38.81	22.81		6.50			4.16
406 Ortopirossenite olivinica					2.48		4.51	56.67	30.74		4.80			0.90
182 Dunita					7.62		2.21	0.99	85.98		3.20			
1103 Dunita					0.20			2.80	93.26		3.74			
1113 Dunita					1.57		0.98		92.57		3.04	1.84		
1102 Harzburgite					1.64			19.19	75.77		3.20			
424 Harzburgite					1.08		1.18	19.44	74.55		3.75			
411 Wehrlite					1.99		7.87	1.98	85.78		2.38			

Harzburgiti

424 - Alpe Campello, tra il sentiero e la Panoramica, q. 1370.

437 - Bocchetta di Livera, q. 1430.

1102 - Canale dell'Inferno, q. 1460.

1103 - Canale dell'Inferno, q. 1460.

Wehrliti

403 - Tra Canale Muschiera e Gula Inferno, q. 1500.

407 - Tra Canale Muschiera e Gula Inferno, q. 1468.

TABELLA 2
*Caratteristiche ottiche di componenti delle rocce della zona
 della Rocca d'Argimonia*

	Plagioclasio		Ortopirosseno		Clinopirosseno		Orneblenda		Olivina	
	% An	2V	2V	% En	2V	c:y	2V	c:y	2V	% Fa
Stronaliti										
163	37	-80								
165	37		-71	77						
167	36	-77								
265	30									
Charnockiti										
161	36	+88								
162	38	-76	-66	73						
264	47	+78	-54	62						
1115	39	+85	-89	88			-78	24		
410	56	-84	-66	73						
460	54	-56	68							
461	43	-51	54				-74			
Noriti e Gabbri										
158 (Gabbro anf.)	80	+84			+54	38	-76	10		
164 (N.c.K-feld.)	45		-56	68						
268 (Norite anf.)	79									
416 (Gabbro)	65									
420 (Norite)	80	+78								
427 (Gabbro anf.)	85	-88								
429 (Anortosite)	60									
440 (Norite)	70	+74	-74	79						
1117 (Norite biot.)	55		-86	86			-85	13		
Pirosseniti										
181 (a plag.)	71		90	88	+53	44	+88			
183 "			-86	86						
184 (olivinica)			-87	87	+50	42	90	16		
185 (a plag.)	89									
187 "	86	+87								
262 "	75									
263 "	70	-84								

continua

408 - Tra Canale Muschiera e Gula Inferno, q. 1468.

411 - Gula Inferno, sponda destra, lungo il sentiero, q. 1400.

Lherzoliti

422 - Alpe Campello, q. 1358.

438 - Bocchetta di Livera, a m 20 dal 437.

442 - M. Marca, lato S, q. 1600.

1101 - (Alterata) Sotto il Moncerchio.

Serpentine

413 - Base Cima Cavaione, lato N, q. 1250.

415 - Sotto Cima Cavaione, q. 1270.

segue Tabella 2

	Fagioclasio		Ortopirosseno		Clinopirosseno		Orneblenda		Olivina	
	% An	2V	2V	% En	2V	c:γ	2V	c:γ	2V	% Fa
Pirosseniti										
267 (a plag.)	75	-84	-52	55			-83	17		
404 "	59									
406 (olivinica)			90	88			+89	16		
418 (a plag.)			-83	83	+56		-89	15		
419 "	82	-83								
423 (oliv. a plag.)			-87	87	+52		+87	14		
426 (a plag.)	85		-84	83	+54	44	-87	15		
428 (")	85	-85								
430 "	90		-76	80			+86	18		
445 "	90	-80								
1104 (ortopiross.)			-86	86			+88	12		
1105 (a plag.)	60	-79	-83	83	+57	41	+87	19		
1111 (olivinica)			-89	88			-89	14		
1112 (a plag.)	79	-81	-85	85			-82	15		
1114 (olivinica)			-76	80			-87	24	-88	19
1116 (a plag.)	82	90			+54	47				
Peridotiti										
182 (dumite)							+87	5	+83	2
402 (lherzolite)					+57	40	+89	20	+87	12
411 (wehrlite)					+54	49			+85	4
422 (lherzolite)			+84	90		67	+87	21	90	16
424 "			90	88			-89	18	90	16
439 "			-88	87	+56	42	-87	15	+89	14
442 "					+52	43	90		90	16
1103 (dumite)			+86	89					-89	17
1110 "									+83	2
1113 "									-89	17
Bocce filoniane										
159 (plumasite)	19									
421 (albitite)	12									

Plumasiti e Albititi

159 - (Plumasite) Sulla Panoramica, tra le gallerie.

421 - (Albitite) Alpe Campello, q. 1358.

Filoni basici

160 - Sulla Panoramica, presso le gallerie.

458 - Sentiero a valle della Panoramica, sotto le gallerie.

Miloniti

186 - (Da pirossenite plagioclasica) Cima M. Marca, versante N.

265 - (Da stronalite) Tra Bocchetta di Livera e 1^a galleria.266 - (Da charnockite) Tra Bocchetta di Livera e 1^a galleria.

1107 - (Da pirossenite) Canale dell'Inferno, q. 1500.

1109 - (Da norite) Canale dell'Inferno, q. 1582.

Scisti

414 - (Scisto epidotico) Bocchetta di Sessera. Sentiero per M. Cavaione.

Di alcune rocce, rappresentanti gruppi sufficientemente omogenei, è stata misurata al tavolino integratore la composizione modale, riportata in tabella 1.

Per la classificazione delle rocce ultrafemiche è stato usato il diagramma proposto dal IUGS STRECKEISEN (1973), trascurando l'orneblenda, che, pur essendo sempre presente, è da considerarsi accessoria.

b) CARATTERISTICHE OTTICHE DEI MINERALI COMPONENTI

Sono state eseguite determinazioni con piattaforma universale su plagioclasti, olivine, pirosseni e anfiboli; usando per i plagioclasti il metodo di Reinhard per la determinazione della percentuale di anortite. I risultati sono raccolti nella tabella 2.

c) COMPOSIZIONE DEI MINERALI

Sono stati sottoposti ad analisi con microsonda, utilizzando la microsonda A.R.L. in funzione presso l'Istituto di Mineralogia e Petrologia dell'Università di Modena, 13 rocce della campionatura eseguita nella zona della Rocca d'Argimonia. Sono stati analizzati: olivine di peridotiti e pirosseniti; ortopirosseni di charnockiti, gabbri, noriti, pirosseniti e peridotiti; clinopirosseni di gabbri, pirosseniti e peridotiti; orneblende di gabbri, pirosseniti e peridotiti; spinelli di pirosseniti e peridotiti; nonché 1 biotite della charnockite 410; inoltre alcuni plagioclasti a titolo di controllo dei dati della piattaforma universale.

Le determinazioni sono state cortesemente effettuate dal Dott. Silvio Capedri, al quale vanno i nostri più sentiti ringraziamenti.

Tra le numerosissime analisi eseguite sono state scelte quelle più significative e valide, che sono state riportate, suddivise per minerale, nelle tabelle 3 a, b, c, d, e.

d) LE FASI OPACHE

I minerali opachi sono stati osservati in luce riflessa nelle sezioni degli stessi campioni usati per le analisi in microsonda.

Riportiamo qui di seguito le osservazioni effettuate, suddivise nei diversi gruppi di rocce.

Charnockiti

Sezione 410

Ilmenite, numerosa, in cristalli medio-piccoli e al contorno dei femici. *Limonite*, rara, anche in fratture; derivata da solfuri.

Sezione 461

Ilmenite in numerosi cristalli, anche relativamente grandi. *Pirrotina* in pochi cristalli in buona parte limonitizzati o in granuli minutissimi. *Calcopirite* in pochi granuli minutissimi, *Magnetite* secondaria, all'orlo dei femici.

Gabbro anfibolico

Sezione 158

Ilmenite in cristalli grandi, spesso geminati, facenti parte della struttura granulare o in vene, oppure al contatto tra i silicati. *Pirrotina*, scarsa, con trasformazione limonitica e in vene nelle zone fratturate.

TABELLA 3
Composizioni chimiche di minerali selezionati da analisi in microsonda
 a) *Orneblende*

	461	158a	158b	440	181	1104	406	182	1103	1113	1102	424	411
SiO ₂	41.84	36.40	41.72	42.35	39.60	41.25	42.99	44.09	43.65	45.92	40.60	42.12	44.30
TiO ₂	1.28	1.84	2.42	1.57	2.02	2.48	2.53	2.18	1.70	0.90	2.32	2.78	2.44
Al ₂ O ₃	12.00	27.90	14.19	12.59	20.71	15.10	14.13	14.06	13.65	10.44	14.54	14.36	14.23
FeO tot	20.67	13.29	16.17	11.02	7.38	5.83	5.81	5.17	5.28	4.35	4.45	6.14	4.47
Cr ₂ O ₃	-	-	0.07	0.17	1.15	1.17	0.65	1.12	1.33	1.26	1.12	0.79	0.98
MnO	0.17	0.20	0.18	0.12	0.06	0.07	-	0.12	0.07	0.09	0.14	0.10	-
CaO	11.24	9.33	11.38	11.63	11.57	12.72	12.31	11.77	12.67	12.85	12.80	12.54	12.27
MgO	9.32	8.75	10.23	13.04	13.89	16.18	16.30	17.39	17.46	18.38	18.75	16.40	17.53
Na ₂ O	0.85	1.89	2.64	1.51	2.30	2.60	3.09	3.01	2.84	1.76	2.45	3.43	3.25
K ₂ O	1.24	1.00	0.79	0.86	0.57	0.11	0.47	0.42	0.31	0.16	0.43	0.13	0.16
	98.62	100.60	99.79	94.87	99.25	97.51	98.28	99.34	98.97	96.11	97.60	98.83	99.64
Si	6.569	5.409	6.401	6.655	5.863	6.205	6.402	6.325	6.453	6.896	6.096	6.271	6.450
Ti	0.151	0.205	0.279	0.186	0.225	0.281	0.283	0.235	0.189	0.102	0.262	0.311	0.267
Al	2.221	4.882	2.566	2.332	3.614	2.677	2.481	2.716	2.379	1.848	2.573	2.519	2.442
Fe	2.714	1.650	2.075	1.448	0.914	0.733	0.724	0.620	0.653	0.546	0.559	0.764	0.544
Mn	0.023	0.025	0.023	0.016	0.008	0.009	-	0.015	0.009	0.011	0.018	0.013	-
Mg	2.181	1.936	2.339	3.054	3.065	3.627	3.618	3.718	3.847	4.114	4.195	3.637	3.804
Ca	2.059	1.484	1.871	1.958	1.835	2.050	1.964	1.809	2.005	2.068	2.059	2.000	1.914
Na	0.259	0.544	0.791	0.460	0.660	0.758	0.892	0.837	0.820	0.512	0.713	0.990	0.918
K	0.248	0.189	0.155	0.172	0.108	0.021	0.089	0.077	0.058	0.031	0.082	0.025	0.030
Cr	-	-	0.008	0.021	0.135	0.139	0.077	0.127	0.132	0.150	0.133	0.093	0.113

b) *Clinopirosseni*
 (Il 424 è un pirosseno interstiziale)

	410	158	440	181	406	182	1103	424a	424b	411
SiO ₂	51.10	49.96	48.25	47.50	50.32	50.58	50.61	49.70	49.25	51.87
TiO ₂	0.24	0.58	0.40	0.91	0.57	0.43	0.58	0.80	0.73	0.45
Al ₂ O ₃	2.50	3.92	4.57	5.99	4.91	3.19	3.68	5.05	5.04	4.53
FeO tot	10.33	11.33	16.15	5.16	3.58	2.86	2.48	3.68	5.74	2.95
Cr ₂ O ₃	-	-	-	0.71	1.24	-	0.69	0.58	0.62	0.72
MnO	0.30	0.31	0.23	0.15	0.09	-	0.06	0.11	0.11	-
CaO	22.64	22.13	9.60	23.35	23.27	22.70	24.80	23.84	18.59	23.49
MgO	13.65	11.84	15.35	13.94	14.59	16.40	16.47	15.59	16.87	15.97
Na ₂ O	0.52	0.61	0.32	0.60	0.69	0.46	0.33	0.74	0.73	0.70
	101.26	100.68	94.87	98.32	99.26	96.62	99.70	100.09	97.67	100.67
Si	1.905	1.881	1.900	1.797	1.863	1.908	1.863	1.831	1.848	1.882
Ti	0.007	0.016	0.012	0.026	0.016	0.012	0.016	0.022	0.021	0.012
Al	0.110	0.174	0.212	0.267	0.214	0.142	0.160	0.219	0.223	0.194
Fe	0.322	0.357	0.532	0.163	0.111	0.090	0.076	0.113	0.180	0.090
Mn	0.009	0.010	0.008	0.005	0.003	-	0.002	0.003	0.003	-
Mg	0.758	0.664	0.901	0.786	0.805	0.922	0.904	0.856	0.943	0.863
Ca	0.904	0.893	0.405	0.946	0.923	0.918	0.978	0.941	0.747	0.913
Na	0.038	0.045	0.024	0.044	0.050	0.034	0.024	0.053	0.053	0.049
Cr	-	-	-	0.021	0.036	-	0.020	0.017	0.018	0.021

continua

[illegible][illegible]

segue Tabella 3

e) *Spinelli*

(Il 406 è uno spinello smescolato; il 1113 a è in pirosseno; il 1113 c e il 411 c sono in olivina; il 1102 a è interstiziale; il 1102 b è idiomorfo; il 411 a è in olivina)

	406a	406b	182a	182b	1103	1113a	1113b	1113c	1102a	1102b	424	411a	411b	411c
SiO ₂	-	0.06	-	-	0.25	0.04	-	-	0.05	0.07	-	0.04	0.05	-
TiO ₂	0.05	0.05	0.04	0.04	0.09	0.06	0.21	0.14	0.13	0.09	0.10	0.06	0.11	0.11
Al ₂ O ₃	53.03	51.29	40.26	41.50	42.45	34.08	24.90	35.50	41.49	40.18	46.79	59.12	44.60	47.69
FeO tot	20.72	23.79	28.17	24.78	24.78	33.06	37.35	28.03	19.87	21.56	24.09	13.87	20.41	20.07
Cr ₂ O ₃	11.36	11.54	21.07	22.08	21.76	23.23	28.77	23.93	23.97	24.12	15.08	10.79	20.82	18.02
MnO	0.13	0.17	0.33	0.20	0.32	0.32	0.40	0.37	0.28	0.26	0.22	0.12	0.26	0.24
CaO	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	-	-
MgO	15.49	13.08	11.06	13.51	13.97	9.40	7.69	11.63	15.30	14.36	14.32	18.36	14.86	15.59
Na ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	101.10	99.98	100.93	102.10	103.62	100.19	99.32	99.60	101.08	100.64	100.60	102.43	101.14	101.72
Si	-	0.013	-	-	0.056	0.010	-	-	0.011	0.016	-	0.009	0.011	-
Ti	0.008	0.008	0.007	0.007	0.015	0.011	0.042	0.025	0.022	0.016	0.017	0.010	0.018	0.018
Al	13.529	13.429	11.124	11.132	11.176	9.898	7.732	10.113	11.044	10.861	12.394	15.407	11.745	12.317
Fe	3.750	4.419	5.522	4.716	4.628	6.812	8.228	5.665	3.752	4.134	4.527	2.564	3.813	3.677
Mn	0.024	0.032	0.066	0.039	0.061	0.067	0.089	0.076	0.054	0.051	0.042	0.022	0.049	0.045
Mg	4.996	4.330	3.863	4.582	4.650	3.451	3.019	4.188	5.149	4.908	4.795	6.049	4.947	5.091
Ca	0.012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.017	-	-
Na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.009	-
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr	1.944	2.026	3.904	3.972	3.842	4.525	5.992	4.572	4.279	4.373	2.679	1.138	3.677	3.121

Norite

Sezione 440

Ilmenite in pochi cristalli. *Pirrotina* in via di limonitizzazione; anche in fratture.

Websterite a plagioclasio

Sezione 181

Pirrotina in cristalli spesso inclusi nei silicati. *Calcopirite* associata alla *pirrotina*. *Cubanite* associata a *pirrotina* e *calcopirite*. *Blenda* di tipo marmatitico, anch'essa facente parte delle associazioni di solfuri. Talvolta la *blenda* forma inclusi nella *pirrotina* con disposizione geometrica. *Ilmenite* scarsa in cristalli piccoli. *Marcasite* derivata da *pirrotina* con struttura zonato-concentrica.

Ortopirossenite

Sezione 1104

Pirrotina in cristalli tondeggianti e lacinie interne ai *pirosseni*. *Calcopirite* molto scarsa. *Ilmenite* in cristalli piccoli e scarsi.

Ortopirossenite olivina

Sezione 406

Pirrotina in cristalli numerosi di medie dimensioni. In qualche caso vi è asso-

ciazione con *blenda* e *cubanite*. La *cubanite* è generalmente interna alla pirrotina ed è attraversata da vene di *blenda*. *Calcopirite* in pochi granuli minutissimi.

Duniti

Sezione 182

Pirrotina in cristalli di media grandezza lungo fratture e, più raramente, all'interno di silicati e spinelli. *Calcopirite* in cristalli minutissimi associati a pirrotina e *magnetite* lungo fratture.

Sezione 1103

Pirrotina in granuli rotondeggianti che mostrano associazioni con altri solfuri. La pirrotina è spesso associata allo spinello. *Calcopirite* unita alla pirrotina o in piccoli cristalli singoli. *Blenda*, con pochi inclusi nella pirrotina. *Cubanite* scarsa, associata a pirrotina. *Magnetite* secondaria, molto scarsa.

Sezione 1113

Pirrotina in cristalli e associazioni irregolari, spesso misti allo spinello. *Magnetite* probabilmente derivata dallo spinello.

Harzburgiti

Sezione 1102

Pirrotina in pochi granuli all'interno dei silicati e in minuscoli granuletti lungo fratture. *Calcopirite* in cristalli minutissimi lungo fratture. *Blenda* rara, associata alla calcopirite. *Magnetite* in vene. *Ilmenite* in minuscoli cristalli associati allo spinello.

Sezione 424

Pirrotina in granuli relativamente grandi. *Calcopirite* associata ad altri solfuri o in cristalli minutissimi lungo linee di microfrattura. *Blenda* in vene nella calcopirite. *Magnetite* lungo gli orli di cristalli di olivina. *Ilmenite* in cristalli piccoli associati agli spinelli.

Wehrlite

Sezione 411

Pirrotina in cristalli piccoli e numerosi. *Calcopirite* in pochi e minuti cristalli associati a *blenda*. Frequenti le strutture di smescolamento *blenda-calcopirite*.

In complesso predominano l'ilmenite nelle charnockiti, nelle noriti e nei gabbri, mentre sono scarsi i solfuri e quasi sempre in via di trasformazione. Predomina invece la pirrotina nelle ultrafemiti, accompagnata, specialmente nei tipi pirossenitici, da molti altri solfuri, tra cui di particolare significato, *blenda* di tipo marmatitico, *cubanite*.

La composizione chimica

Sono stati analizzati chimicamente 62 campioni. Le analisi sono state eseguite per fluorescenza, tranne che per il Na, il Mg, l' H_2O e il FeO, eseguiti con deter-

TABELLA 4
Composizione chimica delle rocce della Rocca d'Argimonia
 Le quantità dei minori sono espresse in parti per milione.

a)

	STRONALITI				CHARNOCKITI				-- NOR.Q --		GABBRI ANF.		
	163	165	167	265	161	162	264	410	461	1115	460	158	427
SiO ₂	65.20	61.90	76.61	79.03	61.26	65.31	58.72	51.16	56.23	56.76	51.29	45.15	38.33
TiO ₂	0.69	0.90	0.07	0.04	0.81	0.74	0.89	1.53	0.88	0.07	1.20	1.80	2.34
Al ₂ O ₃	16.93	18.97	13.53	13.02	17.97	19.21	18.65	20.89	21.08	24.49	21.83	18.71	19.04
Fe ₂ O ₃	1.03	0.30	0.28	0.57	1.46	1.27	1.81	1.95	2.35	1.36	2.06	4.66	6.78
FeO	4.93	4.46	0.32	0.23	4.50	3.69	5.65	6.53	4.35	2.64	6.38	8.90	8.33
MnO	0.10	0.08	0.02	0.01	0.09	0.07	0.14	0.14	0.13	0.06	0.16	0.20	0.15
MgO	2.57	1.53	0.11	0.19	2.03	2.50	2.57	4.83	2.41	0.35	3.44	4.95	9.33
CaO	3.22	5.30	1.03	1.51	5.02	0.52	6.12	8.04	6.71	8.73	7.94	10.80	10.11
Na ₂ O	3.47	4.21	2.49	2.79	3.89	4.56	3.92	3.24	4.22	4.50	3.82	2.24	1.86
K ₂ O	0.69	1.06	4.81	0.96	1.73	1.01	0.18	0.37	0.25	0.19	0.19	0.42	0.17
P ₂ O ₅	0.04	0.61	0.01	0.01	0.34	0.52	0.33	0.05	0.34	0.02	0.48	0.27	0.04
H ₂ O+	0.97	0.52	0.71	0.72	0.75	0.48	0.60	1.03	0.89	0.72	0.99	1.58	2.19
Cr	38	26	8	7	16	17	18	27	15	26	19	56	23
Ni	23	30	6	6	8	13	9	18	12	27	11	12	16
Rb	16	8	40	17	12	6	6	6	5	8	6	9	8
Sr	318	380	184	268	340	330	460	455	440	435	520	340	400
Zr	300	368	87	102	265	248	390	166	500	98	335	151	87
Ba	1230	1150	1950	4500	2650	1500	290	245	206	188	203	183	102

b)

	NORITI			-- GABBRO-- ANORT --			PIROSSENITI A PLAGIOCLASIO							
	164	268	440	1117	416	429	181	183	187	262	263	404	405	
SiO ₂	49.25	44.87	52.69	51.65	49.86	52.19	52.98	51.19	51.21	48.13	49.88	51.22	52.36	
TiO ₂	1.21	1.65	0.16	0.15	0.35	0.08	0.45	0.32	0.53	0.55	0.37	0.54	0.36	
Al ₂ O ₃	21.67	18.35	24.99	20.57	17.92	25.26	7.23	5.13	5.49	9.41	6.33	6.90	5.97	
Fe ₂ O ₃	0.83	3.27	1.23	1.55	0.19	3.19	3.91	1.12	2.76	2.71	2.04	2.98	2.91	
FeO	7.92	9.24	2.88	3.77	5.83	1.63	9.94	10.24	7.64	8.36	9.81	6.05	8.22	
MnO	0.19	0.19	0.08	0.13	0.13	0.07	0.26	0.22	0.21	0.21	0.21	0.20	0.21	
MgO	3.42	7.86	4.01	9.00	11.59	4.04	19.28	27.61	19.51	18.44	25.52	17.80	24.98	
CaO	9.31	10.11	8.82	8.96	10.30	8.90	4.01	1.88	9.01	9.74	4.02	12.32	3.74	
Na ₂ O	3.72	1.52	3.98	2.54	1.76	0.71	0.50	0.25	0.47	0.54	0.21	0.47	0.18	
K ₂ O	0.56	0.34	0.11	0.10	0.05	0.10	0.03	0.02	0.06	0.03	0.03	0.02	0.01	
P ₂ O ₅	0.70	0.19	0.02	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	
H ₂ O+	0.94	2.07	0.93	1.39	1.77	0.84	1.03	1.07	2.71	1.53	1.17	1.25	0.75	
Cr	27	132	33	80	195	102	3900	3700	2500	1470	3450	1930	3250	
Ni	26	49	30	89	215	46	610	650	405	440	-	392	500	
Rb	5	9	4	8	6	6	5	5	5	5	8	4	7	
Sr	393	390	600	380	348	490	50	tr	55	62	tr	27	15	
Zr	410	123	116	47	64	102	38	19	23	57	29	38	23	
Ba	440	220	96	177	39	183								

continua

segue Tabella 4

c)

PIROSSENITI A PLAGIOCLASIO

	418	419	420	426	428	430	443	445	1105	1108	1112	1114	1116
SiO ₂	49.51	48.86	51.22	52.12	49.83	50.36	46.28	50.83	48.99	49.66	50.83	50.62	49.96
TiO ₂	0.69	0.50	1.79	0.83	0.33	0.63	1.25	0.37	0.57	0.37	0.31	0.29	0.65
Al ₂ O ₃	7.95	10.58	3.35	0.47	5.72	7.10	8.38	5.94	6.17	6.09	5.49	5.81	6.45
Fe ₂ O ₃	3.35	1.42	12.13	0.58	1.59	2.42	3.51	2.52	1.77	1.66	3.03	1.73	2.50
FeO	6.64	6.59	5.88	10.62	9.88	7.71	8.08	7.92	7.13	9.29	9.23	10.18	5.92
MnO	0.19	0.19	0.28	0.27	0.23	0.22	0.25	0.19	0.16	0.18	0.19	0.27	0.16
MgO	17.01	18.11	16.35	19.87	25.96	18.10	19.26	24.97	21.91	25.00	26.81	26.64	18.08
CaO	12.32	11.10	4.82	13.11	2.71	11.08	8.45	4.84	9.96	4.18	2.65	3.14	14.61
Na ₂ O	0.54	0.93	1.75	0.67	0.64	0.71	0.78	0.23	0.45	0.25	0.15	0.19	0.58
K ₂ O	0.01	0.05	0.07	0.02	0.04	0.10	0.20	0.02	0.17	0.03	0.01	-	0.29
P ₂ O ₅	0.02	0.03	0.68	0.06	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
H ₂ O+	1.33	1.41	1.46	1.01	2.70	1.27	3.21	1.87	2.44	2.94	0.95	0.74	0.57
Cr	1420	2000	245	2300	3900	3000	1500	3600	3750	3750	5100	2700	2000
Ni	445	465	27	520	640	380	720	580	920	560	515	630	500
Rb	9	7	9	7	6	8	6	6	5	4	9	6	5
Sr	35	99	950	32	13	37	100	23	42	51	15	312	32
Zr	44	81	115	55	23	49	93	25	43	43	22	15	45

d)

PIROS.

PIROSSENITI OLIVINICHE

DUNITI

	1104	184	406	423	425	1111	182	402	412	439	1110	1113
SiO ₂	52.38	43.09	46.47	51.70	53.64	52.29	39.86	39.98	39.60	41.49	38.75	39.79
TiO ₂	0.25	0.40	0.22	0.19	0.26	0.35	0.04	0.06	0.05	0.10	0.03	0.35
Al ₂ O ₃	4.47	7.14	3.50	3.03	3.90	4.93	0.97	1.12	1.51	1.13	0.60	1.09
Fe ₂ O ₃	1.34	3.11	1.45	0.77	1.41	1.12	1.22	1.12	3.42	2.23	1.64	1.87
FeO	8.27	8.14	7.99	6.43	7.54	6.61	10.13	10.29	9.44	8.81	8.26	8.54
MnO	0.24	0.18	0.18	0.16	0.21	0.15	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18	0.13
MgO	28.23	26.99	35.03	34.59	30.08	26.42	44.70	44.99	43.30	44.08	49.19	43.78
CaO	2.31	6.67	3.51	1.56	1.92	6.87	0.51	0.69	0.59	0.94	0.34	0.87
Na ₂ O	0.40	0.33	0.17	0.10	0.11	0.33	0.27	0.05	0.05	0.05	0.09	0.09
K ₂ O	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	-	-	-	-	0.01
P ₂ O ₅	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01
H ₂ O+	1.77	3.58	1.16	1.20	0.64	0.66	1.82	1.15	1.50	0.64	0.60	3.15
Cr	2850	2600	2850	5500	5400	4050	3750	4500	5600	4450	2420	4700
Ni	590	470	1000	705	790	580	1750	2050	3400	1850	550	108
Rb	4	7	7	4	6	6	6	5	9	5	5	4
Sr	13	24	tr	tr	tr	20	tr	11	tr	tr	tr	11
Zr	18	24	25	18	-	13	tr	tr	tr	10	-	tr

continua

minazione a parte. Oltre ai costituenti principali, sono stati analizzati anche i costituenti minori Cr, Ni, Zr, Sr, Ba, Rb. I campioni analizzati sono i seguenti: Stronaliti: 163, 165, 167, 265.

segue Tabella 4

e)

	HARZBURGITI				-- WEHRL --	LHERZOLITI			-- PLUM --	-- ALBI --	-- F.BAS
	424	437	1102	1103	411	422	438	442	159	421	160
SiO ₂	39.30	40.21	39.22	39.86	41.44	41.30	41.14	39.19	63.47	50.10	49.77
TiO ₂	0.14	0.08	0.06	0.03	0.15	0.16	0.09	0.23	0.13	0.75	0.80
Al ₂ O ₃	1.83	1.72	1.10	0.93	1.90	2.27	1.80	3.83	20.45	23.18	15.33
Fe ₂ O ₃	1.06	1.65	1.34	1.08	1.18	4.83	1.11	1.29	0.33	3.77	4.65
FeO	12.10	9.40	7.80	9.74	8.64	7.25	10.63	9.38	1.20	4.50	6.12
MnO	0.18	0.18	0.12	0.14	0.15	0.18	0.19	0.18	0.08	0.14	0.23
MgO	42.61	43.24	47.07	46.55	43.20	37.60	41.44	37.15	0.53	3.33	8.12
CaO	1.21	1.18	0.53	0.53	1.53	1.82	1.71	4.21	3.38	3.19	6.79
Na ₂ O	0.10	0.06	-	0.05	0.14	0.08	0.59	0.30	8.31	6.65	4.08
K ₂ O	-	-	0.01	0.01	0.02	-	-	0.01	0.58	0.58	0.23
P ₂ O ₅	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.50	0.32	0.12
H ₂ O ⁺	1.00	1.91	2.47	0.71	1.31	4.20	0.90	3.87	0.99	3.32	3.54
Cr	4450	6000	4900	4650	4800	7800	6500	5200	6	14	350
Ni	1900	1950	2050	1450	2700	1800	2550	1750	8	46	150
Rb	7	4	6	6	5	8	11	7	14	9	16
Sr	tr	tr	tr	tr	39	tr	25	19	440	580	475
Zr	15	16	tr	tr	20	20	10	18	190	133	142
									365	310	475

Charnockiti: 161, 162, 264, 410, 461, 1115.

Noriti quarzifere: 460.

Gabbri anfibolici: 158, 427.

Noriti e gabbri: 164, 268, 416, 420, 429, 440, 1117.

Pirosseniti a plagioclasio: 181, 183, 187, 262, 263, 267, 404, 418, 419, 426, 428, 430, 443, 445, 1105, 1108, 1112, 1116.

Pirosseniti: 405, 1104.

Pirosseniti oliviniche: 184, 406, 423, 425, 1111, 1114.

Duniti: 182, 402, 412, 439, 1103, 1110, 1113.

Harzburgiti: 424, 437, 1102.

Wehrliti: 411.

Lherzoliti: 422, 438, 442.

Plumasiti e albititi: 159, 421.

Filoni basici: 160.

I risultati delle analisi sono raccolti nella tabella 4.

Considerazioni

Nella zona della Rocca d'Argimonia, caratterizzata da ultrafemiti sempre con giacitura in alternanza, con prevalenza di pirosseniti e peridotiti, si ha un quadro

petrografico simile a quello esistente in corrispondenza di altri affioramenti ultrafemici dell'Ivrea-Verbano. Si hanno infatti stronaliti di tipo metasedimentario e charnockiti che passano a gabbri e noriti dello stesso tipo di quelli esistenti nella maggioranza della formazione. La facies è quella delle granuliti.

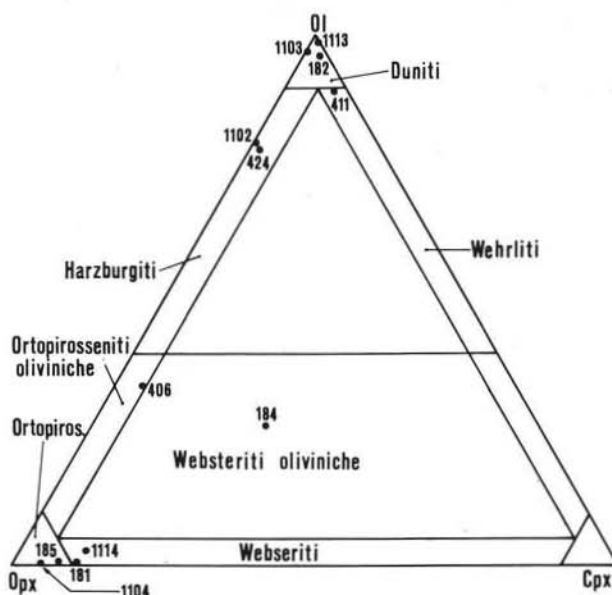


Fig. 2. — Diagramma di classificazione delle ultrafemiti in base alla composizione modale.

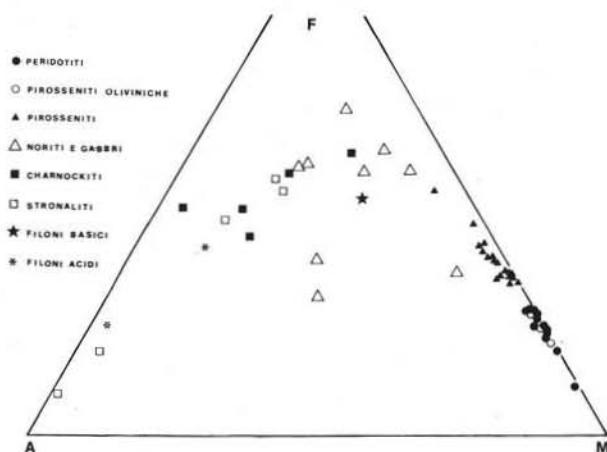


Fig. 3. — Diagramma A ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) - M (MgO) - F (FeO tot.).

Manca un tipo abbastanza frequente in altre zone ultrafemiche: quello dei gabbri granatiferi. Gli unici reperti di granato sono in stronaliti e charnockiti.

Inoltre la serie comprendente ultrafemiti e rocce stronalitiche e charnockitiche

manca assolutamente di regolarità e si presenta smembrata e scompaginata. Ciò dipende in parte da una tettonica recente connessa con le dislocazioni della Linea Insubrica, ma in parte anche da deformazioni precedenti che hanno creato una deviazione molto pronunciata dell'asse dell'antiforme che si riscontra nella formazione basica, grosso modo concordante col suo allungamento.

La separazione tra charnockiti e gabbro-noriti non è netta, ma si sviluppa attraverso termini intermedi, indicati come noriti quarzifere, che, oltre al quarzo, accessorio, presentano solitamente poco K-feldspato e poca biotite.

Tra le ultrafemiti predominano le pirosseniti, rocce a grana variabile, per lo più grossa, contenenti quasi sempre, anche se in modesta quantità, plagioclasio. Si

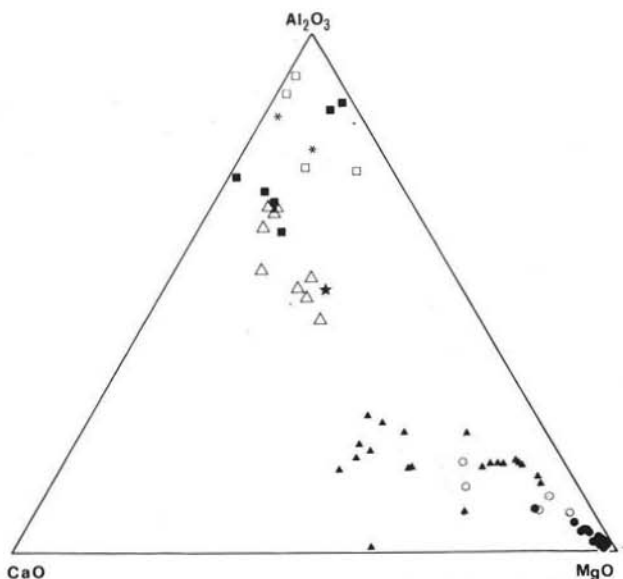


Fig. 4. — Diagramma $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$. La simboleggiatura è la stessa della figura 3.

tratta di un plagioclasio ricco in anortite, con una media del 78,5 % An, valori minimi eccezionali del 59 % e massimi, abbastanza frequenti del 90 %.

Confrontando col plagioclasio di stronaliti e charnockiti si osserva che il plagioclasio di detto gruppo ha una media di anortite del 41,2 % con minimo del 30 % e massimo del 56 %.

Le rocce noritiche e gabbliche invece hanno un plagioclasio con media di anortite del 68,8 %, minimo del 45 %, ma in norite con K-feldspato, e massimo dell'85 %.

Le pirosseniti sono costituite in prevalenza da ortopirosseno, ciò che le fa suddividere tra ortopirosseniti e websteriti, secondo la classificazione IUGS (STRECKEISEN, 1973). La percentuale di enstatite, secondo valori ricavati dalla variazione di 2V, sta tra 80 % e 88 %. Si è perciò nel campo delle bronziti. Una sola eccezione, il campione 267, una pirossenite a plagioclasio, col 55 % En, perciò iperstene.

Nelle charnockiti, come è indicato nella tabella 2, predomina ancora la bronzite, ma più ferrifera, con percentuali di enstatite che vanno da un eccezionalmente alto 88 % al 73 %, ma alcuni campioni, come il 264, il 460, il 461 hanno un ortopirosseno di tipo iperstenico. Enstatiti invece, con percentuali che vanno dall'87 al 90 %, sono gli ortopirosseni delle peridotiti e di quasi tutte le pirosseniti oliviniche.

Gli ortopirosseni delle pirosseniti, di qualunque tipo, presentano con grande frequenza smescolamenti con clinopirosseno. Il fenomeno, anche se in grado minore e meno diffuso si estende anche agli ortopirosseni delle peridotiti. Ciò starebbe ad indicare una genesi magmatica della roccia. La successiva azione metamorfica non avrebbe completamente cancellato queste strutture.

La distinzione in tre diversi gruppi degli ortopirosseni è posta in evidenza anche dalle analisi in microsonda, anche se non vi è perfetta identità tra dati chimici e dati ottici.

Le formule ricavate dalle analisi rispondono a quelle dell'iperstene, con alta percentuale in ferro, per le charnockiti 410 e 461. È sempre iperstene l'ortopirosseno delle noriti (440) e dei gabbri anfibolici (158). Bronziti sono gli ortopirosseni delle pirosseniti (181, 406, 1104).

Per i clinopirosseni i dati ottici sono scarsamente significativi per risalire al tipo di minerale. Sembrerebbe, attraverso $2V$ e $c : \gamma$ di riscontrare una decisa uniformità. Infatti si hanno i seguenti valori medi: gabbri e noriti (un solo campione) $2V = 54^\circ$, $c : \gamma = 38^\circ$; pirosseniti $2V = 54^\circ$, $c : \gamma = 44^\circ$; peridotiti $2V = 55^\circ$, $c : \gamma = 44^\circ$. Un solo dato abnorme, l'angolo di estinzione dei clinopirosseni del campione 422, una lherzolite, che ha fatto registrare valori di 67° .

Con le analisi di microsonda invece si nota una sensibile variazione tra i gruppi di rocce, specialmente per quel che riguarda il contenuto in ferro. È elevato, compreso tra 10,33 e 16,15 FeO tot in charnockiti, gabbri e noriti. Il pirosseno è classificabile perciò come salite o, nel caso del campione 440, una norite, come ferrosalite. Passa a diopside in pirosseniti e peridotiti, con valori in FeO totale che variano da 2,48 a 5,74. Nelle rocce charnockitiche e femiche si ha inoltre arricchimento in manganese, nelle rocce ultrafemiche, esclusa la dunite 182, arricchimento in cromo.

L'orneblenda ha un netto cambiamento tra le rocce ultrafemiche e le altre. Lo si vede già bene nell'osservazione microscopica attraverso il colore e il pleocroismo. L'orneblenda, che compare sempre in modesta quantità nelle charnockiti, è di colore verde, con pleocroismo α giallino, β verde, γ verde chiaro. $2V$ è negativo, compreso tra -74° e -78° . Nelle noriti e nei gabbri ha colore bruno o bruno verdastro, con pleocroismo α giallino, β bruno, γ bruno chiaro. $2V$ è sempre negativo e varia tra -76° e -85° .

Nelle pirosseniti e nelle peridotiti l'orneblenda è accessoria, ma quasi costante. Ha pleocroismo incolore, γ = bruno chiaro. $2V$ è molto vicino a 90° e prevalentemente positivo. I valori intorno a γ variano da un minimo di 86° a un massimo di 98° . La media è esattamente 90° .

Nelle numerose analisi in microsonda si constata che la variazione più forte tra le orneblende di charnockiti, gabbri e noriti e quelle delle ultrafemiti è data dal rapporto $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MgO}$, che dà valori quasi sempre positivi nel primo gruppo, sempre negativi nel secondo. È da notare anche la sensibile quantità di sodio nelle orneblende delle ultrafemiti. Questo minerale rappresenta infatti nelle rocce ultrabasiche l'unica possibilità di accumulo del sodio e dei volatili. Si tratta in definitiva di orneblende pargasitiche. Tale classificazione era stata data già nel 1954 da uno di noi (BERTOLANI) attraverso dati ottici, per l'orneblenda delle peridotiti del M. Capio.

L'olivina è il minerale più diffuso e assolutamente predominante nelle peridotiti. Compare anche nelle pirosseniti oliviniche che formano termine di passaggio alle pirosseniti. L'olivina nelle peridotiti si presenta sempre in strutture granulari allotriomorfe a grana assai variabile. I cristalli maggiori mostrano talvolta un'estinzione a settori, che rappresenta la ricristallizzazione di un cristallo sottoposto ad azioni dinamiche. Tale struttura è frequente anche nelle olivine di Balmuccia sia nelle peridotiti di mantello sia in quelle cumulitiche, secondo GARUTI (1977) però con significato diverso. Non si osservano strutture cumulitiche. Le peridotiti pertanto sono da considerarsi rocce in cui l'ambiente metamorfico, probabilmente in facies delle granuliti ha modificato profondamente, in accordo con LENSCH (1968) la struttura originaria, lasciando come relitti strutturali i grossi cristalli deformati di olivina.

Attraverso la misura del 2V si osserva che tutte le olivine hanno grande angolo degli assi ottici, con valori positivi e negativi che poco si discostano dai 90° . Le olivine delle pirosseniti presentano una media, rispetto a γ di $92^\circ 30'$; quelle delle peridotiti di 88° , con minimo di 83° e massimo di 91° .

In media la percentuale di fayalite è sul 16 %, mentre per le olivine delle pirosseniti sarebbe sul 19-20 %.

Questa piccola differenza sembra confermata dalle analisi per microsonda, tenendo però presente che è stato analizzato un solo campione di pirossenite con olivina. Comunque si tratta in ogni caso di olivina con basso contenuto in ferro.

Lo spinello compare solo nelle ultrafemiti. Anche dall'osservazione microscopica sia in luce trasmessa, sia in luce riflessa, risultano differenze nel colore e nel potere riflettente. Ciò è meglio indicato dalle analisi in microsonda eseguite su 7 campioni. Non solo si notano differenze tra campione e campione, ma anche tra spinelli dello stesso campione. Sono variabili: i contenuti in alluminio, ferro, cromo e magnesio. Complessivamente vi è più cromo e ferro e meno magnesio e alluminio negli spinelli delle duniti. Nella dunita 1113 gli spinelli contenuti in olivina e pirosseno sono analoghi, ma differiscono dagli spinelli idiomorfi che hanno meno alluminio e meno magnesio ma più ferro e cromo, tanto da poter venir classificati come cromiti. Invece nella websterite 411 sono analoghi gli spinelli idiomorfi e quelli contenuti nell'olivina, mentre differiscono quelli contenuti nell'orneblenda, più ricchi in alluminio e magnesio, ma più poveri in ferro e cromo.

È da pensare quindi che gli spinelli, nella stessa roccia possano avere genesi diversa: primaria alcuni, di ricristallizzazione metamorfica altri.

Il corredo di minerali opachi differenzia due gruppi di rocce: quello delle rocce plagioclasiche ricche in ilmenite e quello delle rocce ultrafemiche, prive o molto povere in plagioclasio, con netta prevalenza di solfuri. Tuttavia l'ilmenite è moderatamente presente anche nelle pirosseniti e non è del tutto assente dalle peridotiti. Ricerche in corso in questo Istituto hanno indicato invece l'assenza completa di minerali di titanio nelle peridotiti di mantello di Balmuccia, mentre è presente ilmenite in quelle cumulitiche della stessa località (RIVALENTI e altri, 1975).

Il corredo di solfuri vede la pirrotina come minerale più diffuso, generalmente associata a calcopirite, ma anche a blenda di tipo marmatitico e a cubanite. Ciò sta ad indicare una termalità più bassa di quella riscontrabile nelle minerizzazioni nichelifere a solfuri caratterizzate dalla petlandite e dalla assenza di blenda (BERTOLANI, 1952). La presenza di cubanite indica solo che la temperatura di formazione doveva essere superiore a 250-300° C.

Dato che le fasi opache costituiscono spesso parte integrante della struttura granulare delle ultrafemiti, è da pensare a una generale ricristallizzazione metamorfica, che può aver coinvolto venute secondarie di solfuri.

Il chimismo delle peridotiti fa riscontrare nel rapporto ferro-magnesio valori del tutto particolari e caratteristici del giacimento. Se si osserva il ferro totale, il valore medio esistente nelle peridotiti della Rocca d'Argimonia, che si aggira sul 12 %, con poche e piccole variazioni in più o in meno, si discosta da quello delle peridotiti di mantello (Balmuccia, Baldissero e Finero), che solo raramente supera il 10 % (CAPEDRI e altri, 1977); ma non si identifica nemmeno con le peridotiti giudicate cumulitiche (M. Capiro, Balma, Campello Monti, M. Kaval, Balmuccia Est) che hanno valori decisamente più elevati, normalmente sopra il 15 % (CAPEDRI e altri, 1977; LENSCH, 1971; LOSCHI GHITTONI, 1964; BERTOLANI, 1954). Fanno eccezione le peridotiti anfiboliche della valle Strona (Alpe Morello, Alpe Piumero, Alpe Campo, Alpe Francesca), ma per esse va fatto un discorso a parte per chiarirne la genesi e la posizione. Il motivo di tale differenza che non è riscontrabile strutturalmente per i fenomeni di generale ricristallizzazione metamorfica esistenti nelle ultrabasiti della Rocca d'Argimonia, potrebbe trovare un aiuto per la soluzione attraverso lo studio geochimico della zona, cosa che riteniamo di poter affrontare in un successivo lavoro.

Questa posizione delle peridotiti della Rocca d'Argimonia è posta in evidenza anche dai confronti, nei diagrammi triangolari A-M-F e Al_2O_3 -CaO-MgO, con le serie di Balmuccia (RIVALENTI e altri, 1975). La maggior parte di esse si colloca esattamente in posizione intermedia tra le peridotiti di mantello e quelle cumulitiche indicate come LLG (Lower Layered Group).

Sugli stessi diagrammi si osserva la continuità tra peridotiti e pirosseniti, anzi nel diagramma A-M-F alcune pirosseniti entrano nel ristretto campo delle peridotiti. Nello stesso diagramma gabbri, noriti e charnockiti si sviluppano sul lato sinistro in buon accordo con le caratteristiche del litotipo. Pochi i casi aberranti che si spingono verso il vertice A e che possono aver risentito di azioni metamorfiche di tipo allochimico.

A differenza di quanto si osserva a Balmuccia non vi è invece continuità tra il gruppo delle ultrafemite e le altre rocce basiche e charnockitiche. Ciò può dipendere da modifiche alla serie originaria causate dall'intensa tettonizzazione, che può aver causato la scomparsa per laminazione o dislocazione di alcuni termini della serie, che sono invece rimasti presenti nella zona di Balmuccia e in altre zone ultrafemiche dell'Ivrea-Verbanò.

BIBLIOGRAFIA

- BERTOLANI M. (1952) - *Studio microscopico a luce riflessa sui minerali dei giacimenti cupro-nicheliferi della Valsesia*. Rend. Soc. Min. Ital., 8, 67-86.
- BERTOLANI M. (1954) - *Sulla presenza di un anfibolo tipo pargasite nelle rocce ultrabasiche della val Sabbiola (Valsesia)*. Per. di Min., 23, 235-243.
- BERTOLANI M. (1954) - *Contributo allo studio petrografico della cosiddetta «Formazione dioritico-kinzigitica»*. Ricerche in Val Sabbiola (Valsesia). Rend. Soc. Min. Ital., 10, 91-207.
- BERTOLANI M. (1968) - *Fenomeni di trasformazione granulitica nella Formazione basica Ivrea-Verbanò (Alpi occidentali italiane)*. Schw. Min. Petr. Mitt., 48, 21-30.
- BORTOLAMI G., CARRARO F., SACCHI R. (1967) - *Note illustrative della carta geologica d'Italia. Foglio 43: Biella*.
- CAPEDRI S., CORADINI A., FANUCCI O., GARUTI G., RIVALENTI G., ROSSI A. (1977) - *The origin of the Ivrea-Verbanò basic Formation (Italian western Alps). Statistical approach to the peridotite problem*. Rend. Soc. It. di Min. e Petr., 33, 583-592.
- FRANCHI S. (1905) - *Appunti geologici sulla zona dioritico-kinzigitica Ivrea-Verbanò e sulle formazioni adiacenti*. Boll. R. Com. Geol. It., 36, 270-298.
- GARUTI G. (1977) - *The origin of the Ivrea-Verbanò basic Formation (Italian Western Alps). Microstructural data on peridotites from the area of Sesia Valley*. Rend. Soc. It. di Min. e Petr., 33, 601-616.
- GARUTI G., FRIOLO R. (1978-79) - *Textural features and olivine fabrics of peridotites from the Ivrea-Verbanò Zone (Italian western Alps)*. Mem. Sci. Geol., 33, 111-125.
- LENSCH G. (1968) - *Die Ultramafite der Zone von Ivrea und ihre geologische Interpretation*. Schw. Min. Petr. Mitt., 48, 91-102.
- LENSCH G. (1971) - *Die Ultramafite der Zone von Ivrea*. Ann. Univ. Saraviensis, H. 9, 6-146.
- LOSCHI GHITTONI A.G. (1964) - *Le rocce ultrafemiche della Valle Strona (Novara)*. Rend. Soc. Min. It., 20, 153-177.
- NOVARESE V. (1906) - *La zona d'Ivrea*. Boll. Soc. Geol. It., 25, 176-180.
- RIVALENTI G., GARUTI G., ROSSI A. (1975) - *The origin of the Ivrea-Verbanò basic formation (Western Italian Alps). Whole rocks geochemistry*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 1149-1186.
- SCHMID R. (1967) - *Zur Petrographie und Struktur der Zone Ivrea-Verbanò zwischen Valle d'Ossola und Val Grande (Prov. Novara, Italien)*. Schw. Min. Petr. Mitt., 47, 935-1117.
- STRECKEISEN A.L. (1973) - *Plutonic rocks. Classification and nomenclature recommended by the IUGS, Subcommission on the systematics of igneous rocks*. Geotimes, 18, 26-30.